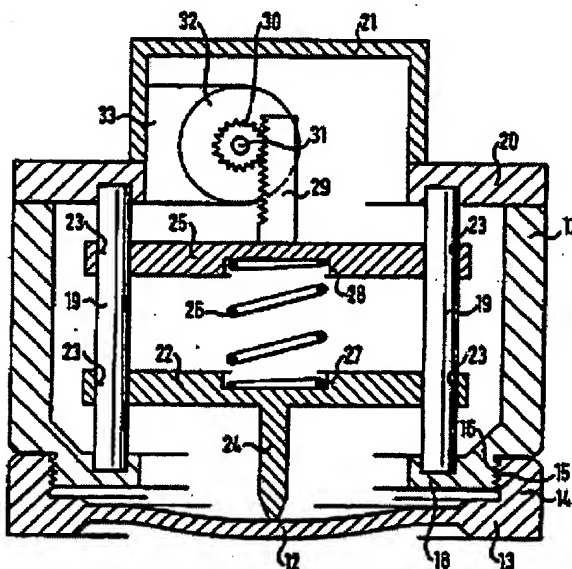


# Adaptive mirror with deformable reflecting plate secured at its edges e.g. for laser shaping of workpieces

Patent number: DE19628672  
Publication date: 1998-01-22  
Inventor: WIESEMANN WOLF DR (DE)  
Applicant: PRECITEC GMBH (DE)  
Classification:  
- international: G02B26/00; B23K26/06  
- european: G02B26/08M2; B23K26/06  
Application number: DE19961028672; 19960716  
Priority number(s): DE19961028672; 19960716

## Abstract of DE19628672

The mirror has a deformable reflecting plate (12) secured at its edges. Also an adjusting mechanism for deforming the reflecting plate acting on the rear side of the reflecting plate. The adjusting mechanism has a spring system (26) which engages the rear side of the reflecting plate, also an adjusting unit (22), for the tensioning or the compressing of the spring system. The spring system can have several parallel connected springs, in certain cases with differing spring constants. The adjusting unit has a supporting unit (25) holding the spring system at one side, as well as a drive unit (32) for the operating of the support unit.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide



21 Aktenzeichen: 196 28 672.7  
22 Anmeldetag: 16. 7. 96  
43 Offenlegungstag: 22. 1. 98

71 Anmelder:  
Precitec GmbH, 76571 Gaggenau, DE

74 Vertreter:  
TER MEER STEINMEISTER & Partner GbR  
Patentanwälte, 81679 München

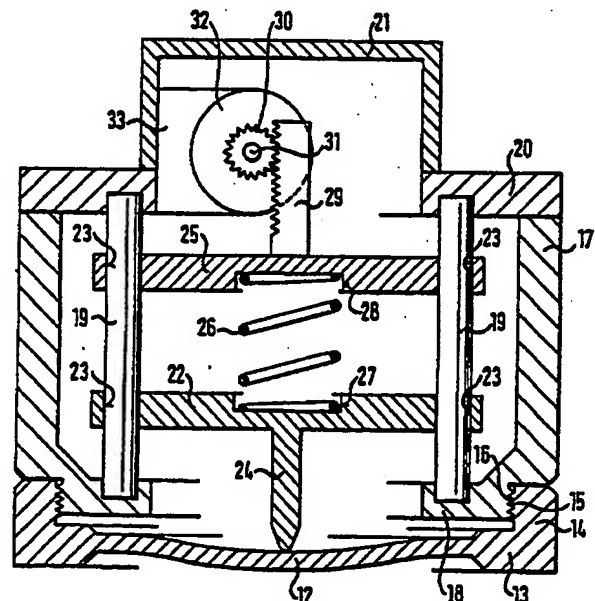
72 Erfinder:  
Wiesemann, Wolf, Dr., 76571 Gaggenau, DE

56 Entgegenhaltungen:  
DE 30 36 083 A1  
Sov. J. Opt. Technol. 59 (6), Juni: 1992, S. 356-360;  
Phys. Bl. 44 (1988) Nr. 12, S. 439-446;  
Lexikon der Optik, H. Haferkorn, Hrsg. Hanau:  
Dausien 1988, S. 13-14;  
Proceedings of the IEEE, Vol. 66, No. 6, Juni: 1978,  
S. 651, 672-681;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Adaptiver Spiegel

57 Ein adaptiver Spiegel enthält eine randseitig gehaltene, deformierbare Spiegelplatte (12), sowie einen die Spiegelplatte (12) rückseitig beaufschlagenden Stellmechanismus zur Deformierung der Spiegelplatte (12). Der Stellmechanismus weist ein an der Rückseite der Spiegelplatte (12) angreifendes Federsystem (26) sowie eine Verstelleinrichtung zur Zug- oder Druckbelastung des Federsystems (26) auf.



Die Erfindung betrifft einen adaptiven Spiegel gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Ein derartiger adaptiver Spiegel ist allgemein bekannt und weist eine randseitig gehaltene, deformierbare Spiegelplatte sowie einen die Spiegelplatte rückseitig beaufschlagenden Stellmechanismus zur Deformierung der Spiegelplatte auf.

Adaptive Spiegel können z. B. in Laserbearbeitungsanlagen eingesetzt werden, die zur Bearbeitung von Werkstücken herangezogen werden. Ein adaptiver Spiegel bewirkt dabei, daß die Phasenfront der Laserstrahlung beim Auftreffen auf eine fokussierende Linse des Laserbearbeitungskopfs stets die gleiche Krümmung hat. Dadurch liegt der Brennfleck immer im gleichen Abstand hinter der Linse. Ohne diese Maßnahme würde die Krümmung der Phasenfront bei Veränderung des Abstands zwischen Schneidkopf und Laser variieren, wodurch sich auch die Lage des Brennflecks unerwünschterweise als Funktion dieses Abstands verschieben würde.

Mittels eines adaptiven Spiegels läßt sich aber auch umgekehrt der Abstand des Brennflecks zur Linse (bzw. zur Düsen Spitze des Laserbearbeitungskopfs) innerhalb gewisser Grenzen steuern. Dies ist z. B. bei Änderung der Materialart oder der Dicke des Werkstücks vorteilhaft, da somit zeitraubende manuelle Höhenverstellungen der Linse vermieden werden. Auch das Einstechen läßt sich abkürzen, wenn während dieses Prozesses der Abstand Fokus/Düsen Spitze verändert wird.

Die bisher in Laserbearbeitungsmaschinen eingesetzten adaptiven Spiegel haben eine metallische Oberfläche, die durch geeignete Maßnahmen im Zentrum näherungsweise sphärisch deformiert wird. Problematisch ist jedoch, daß sehr kleine Deformationen der Spiegeloberfläche von etwa einigen 10 µm nur mit relativ komplizierten Vorrichtungen definiert und stabil erzeugbar sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Aufbau eines derartigen adaptiven Spiegels einfacher und damit kostengünstiger zu gestalten.

Die Lösung dargestellten Aufgabe ist im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegeben. Vorteilhaftige Ausgestaltungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Ein adaptiver Spiegel nach der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß der Stellmechanismus ein an der Rückseite der Spiegelplatte angreifendes Federsystem sowie eine Verstelleinrichtung zur Zug- oder Druckbelastung des Federsystems aufweist.

Das Federsystem kann aus einer oder mehreren Federn mit integrierter Rückstellkraft bestehen und läßt sich zur Einstellung selbst geringster Spiegeldeformationen durch eine Antriebseinrichtung über einen relativ langen Weg betätigen, so daß sich die Spiegelplatte sehr genau und definiert verbiegen läßt. Die Verbiegung der Spiegelplatte kann dabei durch Zug- oder Druckkräfte erfolgen. Infolge des im Vergleich zur Spiegelverbiegung langen Arbeitswegs des Federsystems kann eine einfache Antriebseinrichtung zum Einsatz kommen, was den Aufbau des adaptiven Spiegels kostengünstig gestaltet. Federsystem und Spiegelplatte bilden praktisch ein System von zwei gegeneinander wirkenden federnden Einrichtungen. Wenn das Federsystem im Vergleich zur Spiegelplatte relativ weich ist, kann es stark deformiert werden, also über eine lange Strecke komprimiert oder auseinandergezogen werden, um eine

nur kleine Deformation der Spiegelplatte zu erzeugen.

Die Antriebseinrichtung selbst kann durch vorbestimmte Steuergrößen angesteuert werden, kann aber auch in einen Regelkreis integriert sein. Hierzu kann ein Meßaufnehmer mit der Antriebseinrichtung oder mit einer das Federsystem aufnehmenden Abstützeinrichtung verbunden sein, um eine mit der Spiegeldurchbiegung korrelierende Meßgröße aufzunehmen und um diese abhängig von einem vorgegebenen Sollwert zu verändern.

In Weiterbildung der Erfindung kann das Federsystem mehrere parallel geschaltete Federn, ggf. mit unterschiedlichen Federkonstanten, aufweisen, so daß eine noch gezieltere Durchbiegung der Spiegelplatte in ihrem gesamten Plattenbereich möglich ist.

Die Verstelleinrichtung enthält vorzugsweise eine das Federsystem einseitig haltende Abstützeinrichtung sowie eine Antriebseinrichtung zum Antrieb der Abstützeinrichtung. Dabei kann die Abstützeinrichtung als Hebel oder als Stellplatte ausgebildet sein, die parallel zur Spiegelplatte liegt und senkrecht zu dieser verschiebbar ist.

Im Falle einer als Hebel ausgebildeten Abstützeinrichtung läßt sich der Verschiebeweg des Stellmechanismus im Vergleich zur Durchbiegung der Spiegelplatte nochmals vergrößern.

Vorzugsweise kann die Antriebseinrichtung einen Elektromotor aufweisen, der in geeigneter Weise mit der Abstützeinrichtung gekoppelt ist, um diese anzutreiben. Allerdings ist die Erfindung nicht auf den Einsatz von Elektromotoren als Antriebseinrichtung beschränkt. Die Antriebseinrichtung könnte auch eine pneumatische Einrichtung, eine Magnetspulen-Einrichtung, und dergleichen, sein.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung beaufschlagt das Federsystem die Rückseite der Spiegelplatte über eine weitere Abstützeinrichtung im wesentlichen punktförmig oder kreisringförmig, um die Krümmung der Spiegelplatte gezielter einstellen zu können. Dabei können zudem zwischen dem Federsystem und der Rückseite der Spiegelplatte drehmomentreduzierende Koppelglieder vorhanden sein, die eine noch empfindlichere bzw. genauere Deformierung der Spiegelplatte ermöglichen.

Nicht zuletzt können mit dem Federsystem und/oder der Rückseite der Spiegelplatte Schwingungsdämpfer verbunden sein, um zu vermeiden, daß bei der Verstellung der Spiegelplatte unerwünschte Schwingungen auf diese übertragen werden.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 den Aufbau eines adaptiven Spiegels, bei dem ein Federsystem über einen Hebel betätigt wird;

Fig. 2 den Aufbau eines adaptiven Spiegels, bei dem eine Feder zwischen zwei Stellplatten liegt, von denen eine die Rückseite der Spiegelplatte beaufschlagt und die andere antreibbar ist;

Fig. 3 den Aufbau eines adaptiven Spiegels, bei dem ein zwischen Stellplatten liegendes Federsystem aus mehreren parallelen Federn besteht; und

Fig. 4 eine Einzelheit des Aufbaus nach Fig. 3 im Bereich der Verbindung zwischen der Spiegelplatte und der Spiegelplattenhalterung.

Der prinzipielle Aufbau eines adaptiven Spiegels nach der Erfindung wird nachfolgend anhand eines ersten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Fig. 1 im einzelnen beschrieben.

Eine im Schnitt dargestellte und kreisförmig ausgebildete Spiegelplatte 1 ist randseitig von einer Spiegelplattenhalterung 2 umgeben und mit dieser z. B. einstückig verbunden. Die Spiegelplattenhalterung 2 ist in einem nicht dargestellten Gehäuse fest gelagert. Dabei läßt sich die Spiegelplatte 1 selbst gegenüber der Spiegelplattenhalterung 2 verbiegen.

Die Spiegelplatte 1 ist vorderseitig spiegelnd ausgebildet und wird an ihrer Rückseite von einem kugelförmigen Andruckelement 3 beaufschlagt. Dieses kugelförmige Andruckelement 3 ist mit einer von der Spiegelplatte 1 wegweisenden Aufnahme 4 für eine Druckfeder 5 mit integrierter Rückstellkraft fest verbunden. Die Aufnahme 4 weist dabei einen zur Druckfeder 5 umgebogenen Rand auf, der die Druckfeder 5 in der Aufnahme 4 sichert. Das andere Ende der Druckfeder 5 ist in einer weiteren Ausnahme 6 gehalten, die ebenfalls einen umlaufenden und zur Aufnahme 4 welsenden Rand zur Sicherung der Druckfeder 5 aufweist. Diese weitere Aufnahme 6 ist mit einem weiteren Andruckelement 7 an ihrer der Spiegelplatte 1 abweisenden Seite fest verbunden. Gegen das weitere Andruckelement 7 ist ein Hebel 8 drückbar, der um eine Achse 9 schwenkbar gelagert ist, welche außerhalb der Symmetrielinie der Druckfeder 5 liegt.

Wird der Hebel 8 um die Achse 9 aus seiner in Fig. 1 gezeigten oberen Stellung in Richtung des Pfeils A in die mit gestrichelten Linien dargestellte untere Stellung bewegt, so wird die zwischen den Aufnahmen 6 und 4 liegende Druckfeder 5 entsprechend ihrer Federkonstanten komprimiert und biegt daher die Spiegelplatte 1 über das Andruckelement 3 nach außen durch, also nach unten in Fig. 1 in die gestrichelt gezeigte Stellung. Ein an der Spiegelplatte 1 außen reflektierter Lichtstrahl 10 weitet sich somit entsprechend der gestrichelten Linienführung aus, was nach Fokussierung durch die Linse 11 zu einer Verschiebung des Brennflecks in Richtung von der Linse 11 weg führt.

Die Verschwenkung des Hebels 8 um die Achse 9 herum kann mit Hilfe eines konventionellen Antriebs erfolgen, der am freien Ende des Hebels 8 angreift. Dieser Antrieb kann beispielsweise in Form eines Elektromotors realisiert sein, der mechanisch mit dem Hebel 8 gekoppelt ist.

Die Fig. 2 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen, adaptiven Spiegels.

Der adaptive Spiegel nach dem zweiten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 weist eine kreisrunde Spiegelplatte 12 auf, die über ihren gesamten Umfangsrand von einer Spiegelplattenhalterung 13 flanschartig umgeben ist. Spiegelplatte 12 und Spiegelplattenhalterung 13 sind dabei einstückig miteinander verbunden. Die Spiegelplattenhalterung 13 weist einen bezüglich der Spiegelplatte 12 nach hinten welsenden Ansatz 14 auf, der an seiner inneren Umfangsfläche mit einem Gewinde 15 versehen ist. Mit diesem Gewinde 15 ist die Spiegelplattenhalterung 13 auf ein Außengewinde 16 eines Spiegelgehäuses 17 aufgeschraubt. Das Spiegelgehäuse 17 ist hohlzylindrisch ausgebildet und weist einen nach innen welsenden Umfangsflansch 18 an seinem der Spiegelplatte 12 zugewandten Stirnende auf. Auf diesem Umfangsflansch 18 stützen sich mehrere zylindrische Führungsstangen 19 ab, die parallel zur Längsachse des hohlzylindrischen Spiegelgehäuses 17 verlaufen. Beispielsweise sind drei Führungsstangen 19 im Winkelabstand von 120° in Umfangsrichtung des Spiegelgehäuses 17 verteilt angeordnet.

Die obere Seite des Spiegelgehäuses 17 ist mit einer

Abdeckung verschlossen. Zu dieser Abdeckung gehört ein flacher Ring 20, der auf der Stirnseite des Spiegelgehäuses 17 aufliegt und an seiner inneren Seite ebenfalls die Führungsstangen 19 aufnimmt. Die Führungsstangen 19 werden somit zwischen dem Umfangsflansch 18 und dem Ring 20 gehalten. Letzterer kann z. B. mit dem Spiegelgehäuse 17 verschraubt sein. Die verbleibende Zentralöffnung des Rings 20 ist mit einem Topf 21 verschlossen, der in geeigneter Weise am Ring 20 befestigt ist. Topf 21 und Ring 20 können z. B. einstückig miteinander verbunden bzw. miteinander verschweißt sein.

Auf den Führungsstangen 19 ist im unteren Bereich des Spiegelgehäuses 17 eine erste Stellplatte 22 gleitend verschiebbar gelagert. Diese erste Stellplatte 22 weist Durchgangsöffnungen 23 auf, durch die Führungsstangen 19 passend hindurchgeführt sind. Dabei liegt die erste Stellplatte 22 in einer Ebene, die senkrecht zur Längsachse des hohlzylindrischen Spiegelgehäuses 17 steht. An der der Spiegelplatte 12 zugewandten Seite der ersten Stellplatte 22 ist mit dieser z. B. einstückig ein Stellelement 24 verbunden, das gegen die Rückseite der Spiegelplatte 12 drückt. An seinem freien Ende kann das Stellelement 24 eine abgerundete Spitze aufweisen, um eine möglichst punktförmige Auflagefläche an der Rückseite der Spiegelplatte 12 zu erhalten.

Weiterhin ist auf den Führungsstangen 19 eine zweite Stellplatte 25 gleitend verschiebbar gelagert, die parallel zur ersten Stellplatte 22 und im Abstand zu dieser liegt. Auch diese zweite Stellplatte weist Durchgangsöffnungen 23 auf, durch die die Führungsstangen 19 passend hindurchgeführt sind. Dabei befindet sich die zweite Stellplatte 25 an der der Spiegelplatte 12 abgewandten Seite der ersten Stellplatte 22.

Zwischen der ersten Stellplatte 22 und der zweiten Stellplatte 25 befindet sich eine wendelförmige Druckfeder 26 mit integrierter Rückstellkraft. Diese ist in sich gegenüberliegenden Ausnehmungen 27 und 28 von erster Stellplatte 22 und zweiter Stellplatte 25 gehalten.

An der der Spiegelplatte 12 abgewandten Seite der zweiten Stellplatte 25 ist letztere mit einer Zahnstange 29 fest verbunden. Diese Zahnstange 29 kämmt mit einem Ritzel 30, das sich auf der Welle 31 eines Elektromotors 32 befindet. Der Elektromotor 32 selbst ist über einen Flansch 33 an der Innenseite des Topfs 21 bzw. des Rings 20 befestigt.

Der Elektromotor 32 kann so gedreht werden, daß er über das Ritzel 30 und die Zahnstange 29 die zweite Stellplatte 25 in Richtung zur Spiegelplatte 12 verschiebt und dabei die Druckfeder 26 komprimiert. Über die Druckfeder 26 wird gleichzeitig die erste Stellplatte 22 angetrieben, die je nach Federkonstante der Druckfeder 26 und der Federkonstante der Spiegelplatte 12 entsprechend verschoben wird und dabei die Spiegelplatte 12 mehr oder weniger weit nach außen durchbiegt. Das Stellelement 24 steht dabei im Zentrum der Spiegelplatte 12 mit letzterer in Kontakt.

Ein drittes Ausführungsbeispiel eines adaptiven Spiegels nach der vorliegenden Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Fig. 3 näher beschrieben. Gleiche Teile wie in Fig. 2 sind dabei mit den gleichen Bezugszeichen versehen und werden nicht nochmals beschrieben.

Im Unterschied zum Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 ist bei dem adaptiven Spiegel nach Fig. 3 eine dritte Stellplatte 34 vorhanden, die zwischen der ersten Stellplatte 22 und der Spiegelplatte 12 liegt. Die dritte Stellplatte 34 erstreckt sich parallel zur ersten Stellplatte 22 und weist ebenfalls Durchgangsöffnungen 23 auf, durch

die die Führungsstangen 19 hindurchtragen. Mit anderen Worten ist auch die dritte Stellplatte 34 gleitend auf den Führungsstangen 19 verschiebbar.

Die dritte Stellplatte 34 selbst weist eine zentrale Durchgangsöffnung 35 auf, durch die das zapfenförmige Stellelement 24 der ersten Stellplatte 22 hindurchragt. Andererseits weist die dritte Stellplatte 34 an ihrer zur Spiegelplatte 12 welsenden Seite ein ringförmiges Stellelement 36 auf, das die Spiegelplatte 12 von hinten beaufschlagt. Das ringförmige Stellelement 36 besitzt eine spitz zu laufende ringförmige Kufe zur Bildung einer möglichst schmalen ringförmigen Auflagefläche auf der Spiegelplatte, wobei die Auflagefläche konzentrisch zur Längsachse des Zapfens 24 liegen kann bzw. zur Symmetrieachse des Spiegels. Die ringförmige Kufe beaufschlagt die Spiegelplatte 12 mehr in ihren randseitigen Bereichen.

Um die dritte Stellplatte 34 über die zweite Stellplatte 25 verschieben zu können, befinden sich zwischen der zweiten Stellplatte 25 und der dritten Stellplatte 34 weitere Druckfedern 37, die durch Durchgangsöffnungen 38 in der ersten Stellplatte 22 hindurchragen. Sie sind in sich gegenüberliegenden Ausnehmungen 39 und 40 in der zweiten und dritten Stellplatte 25 bzw. 34 gehalten.

Je nach Federkonstante der Druckfedern 26 und 37 wird die Spiegelplatte 12 bei Verschiebung der zweiten Stellplatte 25 auf die Spiegelplatte 12 zu mit unterschiedlichen Druckkräften über die Stellelemente 24 und 36 beaufschlagt, derart, daß vorzugsweise eine sphärische Verformung der Spiegelplatte 12 über einen möglichst großen Bereich erhalten wird.

Da die Spiegelplatte 12 außen durch Strahlung beaufschlagt wird, kann sie sich leicht erwärmen. Sie kann daher durch geeignete Kühlmittel gekühlt werden.

Die Fig. 4 zeigt eine weitere Ausgestaltung des zweiten oder dritten Ausführungsbeispiels im randseitigen Bereich der Spiegelplatte 12. Hier kann die Spiegelplatte 12 an beiden Seiten in Umfangsrichtung verlaufende Ausnehmungen 44 und 45 aufweisen, die bis nahe zur neutralen Biegezone herunter reichen. Die auf diese Weise erzielte Spiegeleinspannung ermöglicht eine leichtere und bessere sphärische Durchbiegung der Spiegelplatte 12.

#### Patentansprüche

1. Adaptiver Spiegel mit einer randseitig gehaltenen, deformierbaren Spiegelplatte (1; 12), sowie mit einem die Spiegelplatte (1; 12) rückseitig beaufschlagenden Stellmechanismus zur Deformierung der Spiegelplatte (1; 12), dadurch gekennzeichnet, daß der Stellmechanismus ein an der Rückseite der Spiegelplatte (1; 12) angreifendes Federsystem (5; 26; 26, 37) sowie eine Verstelleinrichtung (8; 25, 29 – 31) zur Zug- oder Druckbelastung des Federsystems aufweist.

2. Adaptiver Spiegel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Federsystem mehrere parallel geschaltete Federn (26, 37), ggf. mit unterschiedlichen Federkonstanten, aufweist.

3. Adaptiver Spiegel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstelleinrichtung eine das Federsystem einseitig haltende Abstützeinrichtung (8; 25) sowie eine Antriebseinrichtung (32) zum Antrieb der Abstützeinrichtung (8; 25) aufweist.

4. Adaptiver Spiegel nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstützeinrichtung als Hebel

(8) ausgebildet ist.

5. Adaptiver Spiegel nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstützeinrichtung als Stellplatte (25) ausgebildet ist, die parallel zur Spiegelplatte (12) liegt und senkrecht zu dieser verschiebbar ist.

6. Adaptiver Spiegel nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebseinrichtung einen Elektromotor (32) aufweist.

7. Adaptiver Spiegel nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Federsystem die Rückseite der Spiegelplatte (12) über eine weitere Abstützeinrichtung (22; 22, 34) beaufschlagt.

8. Adaptiver Spiegel nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Federsystem und der Rückseite der Spiegelplatte (1; 12) drehmomentreduzierende Koppelglieder vorhanden sind.

9. Adaptiver Spiegel nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem Federsystem und/oder der Rückseite der Spiegelplatte (1; 12) Schwingungsdämpfer verbunden sind.

10. Adaptiver Spiegel nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß mit der Abstützeinrichtung oder der Antriebseinrichtung ein Meßaufnehmer zur Aufnahme einer mit der Spiegeldurchbiegung korrelierenden Meßgröße verbunden ist.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

FIG. 1

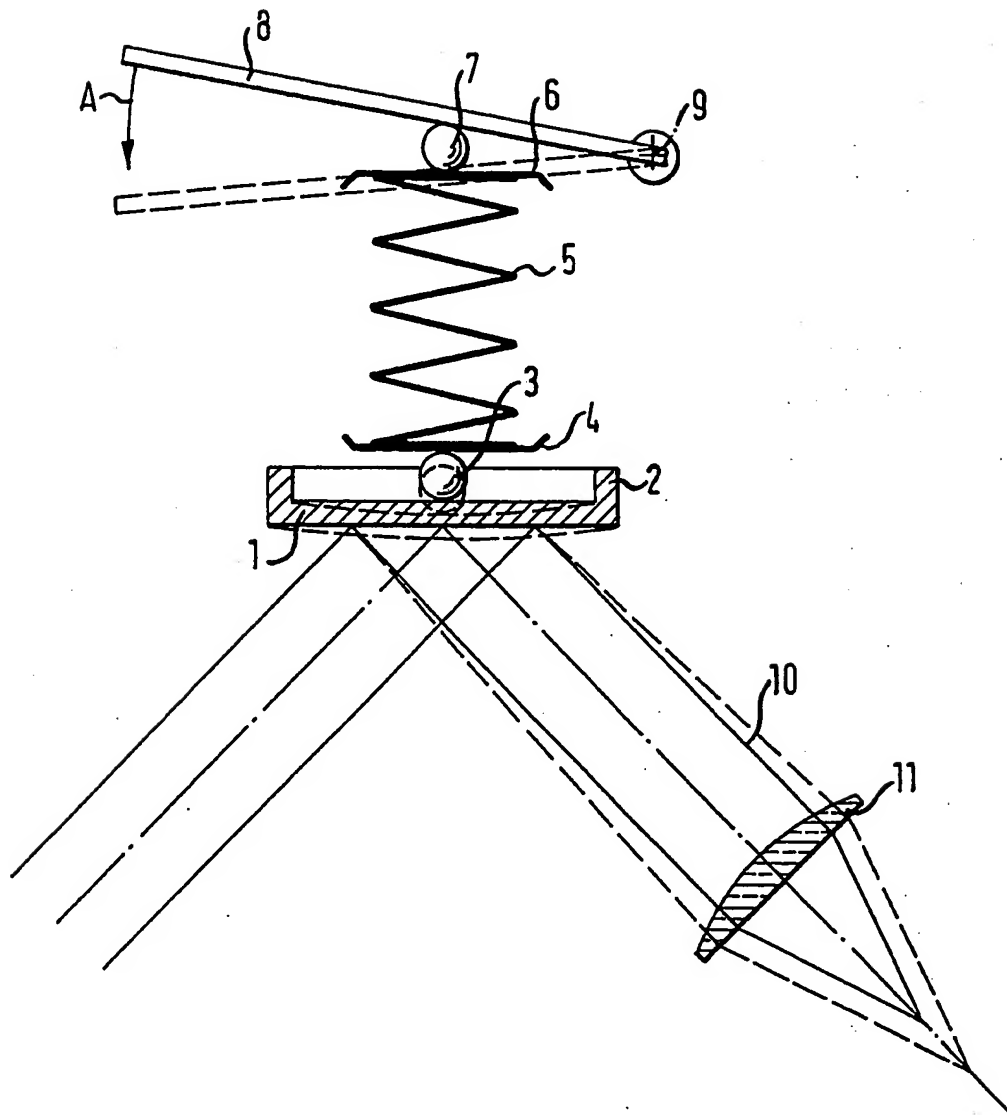


FIG. 2

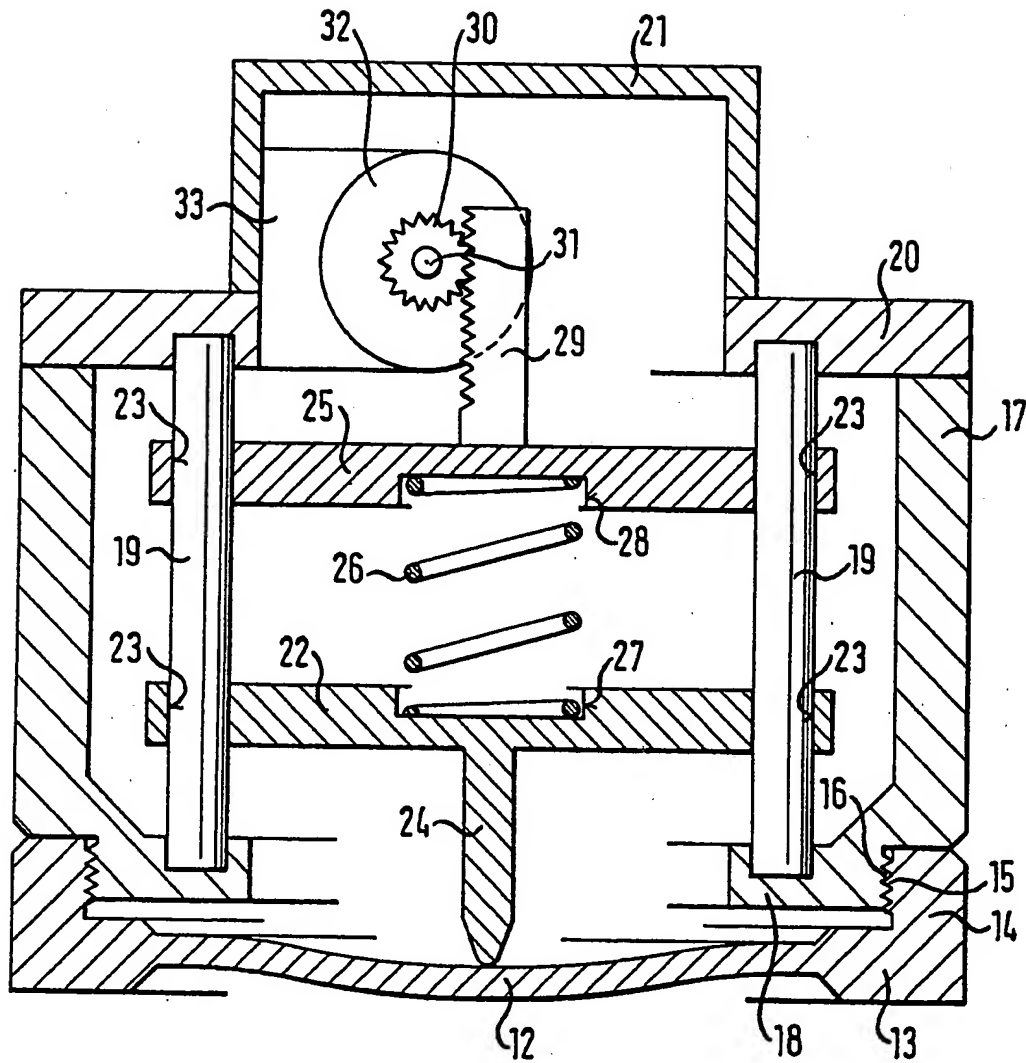




FIG. 3

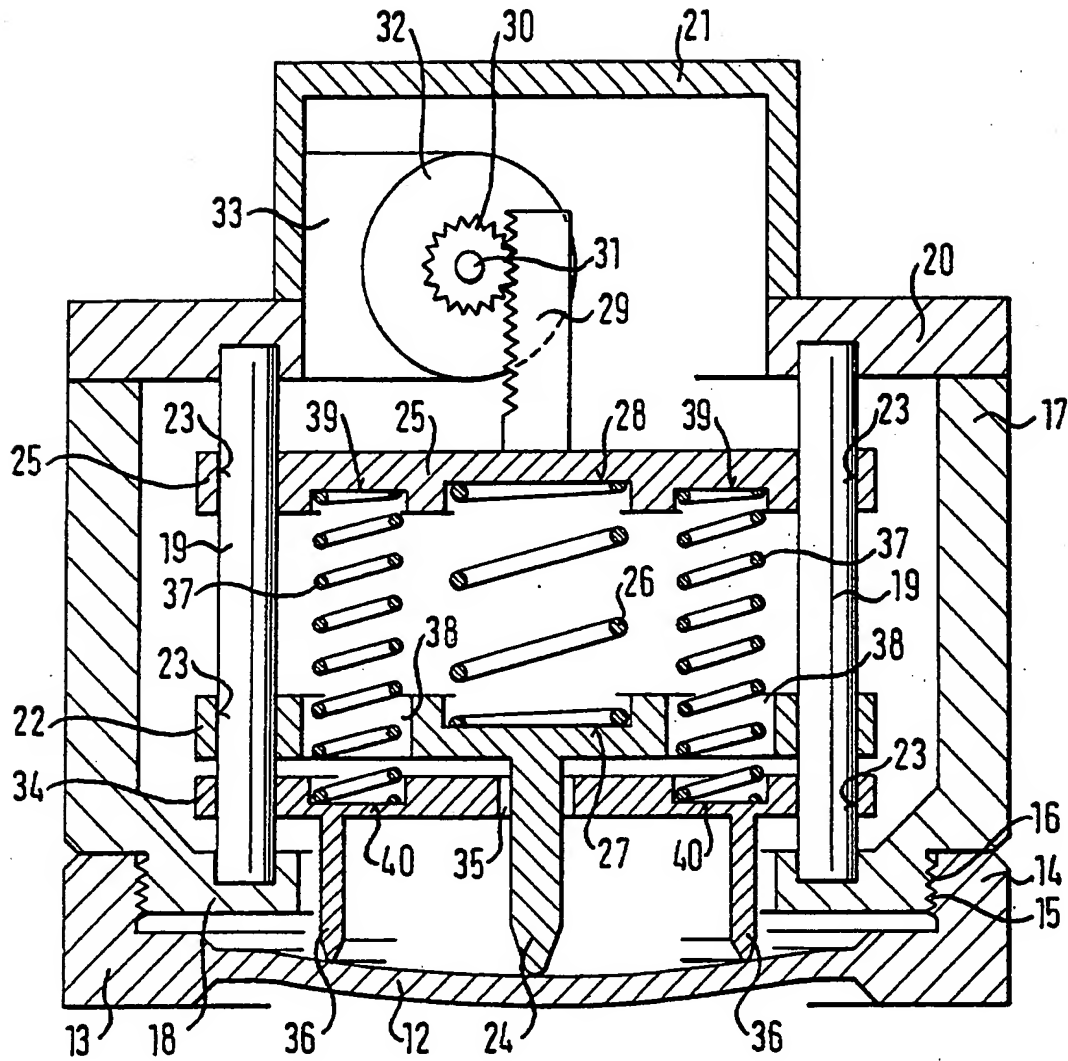


FIG. 4

